



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

JÔNATAS LEMOS RODRIGUES

MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL UTILIZANDO
AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA NO PARQUE NACIONAL SERRA DE
ITABAIANA

SÃO CRISTÓVÃO/SE
2019

JÔNATAS LEMOS RODRIGUES

**MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL UTILIZANDO
AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA NO PARQUE NACIONAL SERRA DE
ITABAIANA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe como requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio ambiente.

Orientador: Dr. Milton Marques Fernandes

Coorientador: Dr. Adauto de Souza Ribeiro

SÃO CRISTÓVÃO/SE
2019

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

R696m Rodrigues, Jônatas Lemos
 Mapeamento e avaliação de impacto ambiental utilizando
 aeronave remotamente pilotada no Parque Nacional Serra de
 Itabaiana / Jônatas Lemos Rodrigues ; orientador Milton Marques
 Fernandes. – São Cristóvão, SE, 2019.
 52 f. : il.

 Dissertação (mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente)
 – Universidade Federal de Sergipe, 2019.

 1. Meio ambiente. 2. Mapeamento ambiental – Itabaiana(SE).
 3. Impacto ambiental - Avaliação. 4. Áreas protegidas. I.
 Fernandes, Milton Marques, orient. II. Título.

CDU 502.1(813.7)

JÔNATAS LEMOS RODRIGUES

**MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL UTILIZANDO
AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA NO PARQUE NACIONAL SERRA DE
ITABAIANA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe como requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio ambiente.

Aprovada em 30 de agosto de 2019

Prof. Dr. Milton Marques Fernandes
Presidente-orientador

Prof. Dr. Ariovaldo Antônio Tadeu Lucas

Dra. Márcia Rodrigues de Moura Fernandes
Examinadora Externa

DECLARAÇÃO DE VERSÃO FINAL

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente concluído no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

Jônatas Lemos Rodrigues

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe (UFS).

Prof. Dr. Milton Marques Fernandes - Orientador

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe (UFS).

É concedido ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) responsável pelo Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente permissão para disponibilizar , reproduzir cópia desta Dissertação e emprestar ou vender tais cópias.

Jônatas Lemos Rodrigues

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe (UFS).

Prof. Dr. Milton Marques Fernandes - Orientador

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe (UFS).

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho ao meu país, Brasil, lugar em que fui destinado a nascer, crescer e me desenvolver. Que os homens e mulheres que se dispõem a governá-lo façam com sabedoria, honestidade e honradez. Dediquem esforços para desenvolverem conhecimento e tecnologia aplicadas às soluções dos nossos problemas, especialmente ao nosso vasto e maravilhoso meio ambiente.

Dedico aos meus mestres que contribuíram para que fosse possível realizar esse trabalho, especialmente ao meu orientador Prof. Milton Fernandes e coorientador Prof. Adauto Ribeiro por terem topado o desafio. Vocês foram incríveis.

Dedico especialmente à minha querida esposa, Adriana, que com muita paciência e resiliência foi meu maior suporte nesse período de trabalho duro.

Dedico aos meus pais que me deram a vida e aos meus filhos que têm sido grande parte da motivação para continuar a minha existência, especialmente a Maria Helena, minha neta, que é a maior prova, atualmente, da minha continuidade nesse planeta.

Por fim, dedico à vida no planeta esperando ter contribuído de alguma forma, ainda que ínfima, com a humanidade.

RESUMO

No estado de Sergipe, região nordeste do Brasil, a única Unidade de Conservação federal existente, o Parque Nacional Serra de Itabaiana (PARNASI), os recursos são insuficientes e limitados e apresenta dificuldades de gestão. Os maiores problemas estão associados à situação fundiária ou uso da terra. Diversos estudos científicos realizados indicam a existência de impactos que comprometem seus ecossistemas. A adoção de estratégias para a aquisição de novos dados sobre a distribuição espacial do uso da terra, o nível de impacto ambiental existente e o compartilhamento de conhecimento é necessária. Nesse sentido, novas tecnologias, como pequenos drones, têm sido apresentadas como possíveis soluções para ajudar a resolver problemas no campo da conservação e, juntos com Sistemas de Informação Geográficas, podem dar uma importante contribuição. Propôs-se um mapeamento atualizado e barato do uso e cobertura da terra na área do PARNASI para avaliar o nível de impacto ambiental, uma vez que os recursos escassos, a extensão da área do parque e sua topografia representam um desafio para a gestão. Avaliou-se o potencial de uso de um pequeno drone e estimou-se o nível de impacto ambiental classificando determinados tipos de usos e correlacionando-os com a declividade local. Utilizou-se da técnica de fotogrametria aérea para a coleta e extração dos dados e a análise foi realizada a partir de um modelo multicritério onde as variáveis foram hierarquizadas e ponderadas atribuindo-se um peso para cada classe de uso e cobertura da terra. Os resultados demonstram que em 82,2% da área pesquisada foram encontrados níveis de declividade considerados entre muito fraco a médio, demonstrando, assim, que a área mapeada não possui níveis altos de declividade. Concluiu-se que, embora seja um drone classificado pela ANAC como voltado para entretenimento, as tecnologias embarcadas como sensores, atuadores e sistemas inteligentes de voo, associadas a sistemas de planejamento e execução de missões para fotogrametria aérea, bem como a sistemas de informação geográfica satisfizeram as propostas de pesquisa.

Palavras-chave: Áreas protegidas, Drone, Sensoriamento remoto

ABSTRACT

In the state of Sergipe, northeastern Brazil, the only existing federal conservation unit, Serra de Itabaiana National Park (PARNASI), resources are insufficient and limited and have management difficulties. The biggest problems are associated situation about land policy or land use. Several scientific studies conducted indicate the existence of impacts that compromise their ecosystems. The adoption of strategies for acquiring new data on the spatial distribution of land use, the level of existing environmental impact and knowledge sharing is required. In this sense, new technologies, such as small drones, have been presented as possible solutions to help solve conservation problems, and together, information systems can make an important contribution. Up-to-date and inexpensive mapping of land use and land cover in the PARNASI area has been proposed to assess the level of environmental impact as scarce resources, the extent of the park area and its topography pose a management challenge. The potential use of a small drone was evaluated and the level of environmental impact estimated by classifying certain types of uses and correlating them with local slope. The aerial photogrammetry technique was used for data collection and extraction, and the analysis was performed from a multicriteria model where the variables were hierarchized and weighted by assigning a weight for each land use and land cover class. The results show that in 82.2% of the surveyed area were found slope levels considered very weak to medium, thus demonstrating that the mapped area does not have high levels of slope. It is concluded that, although it is an ANAC rated drone for entertainment, embedded technologies such as sensors, actuators, and intelligent flight systems, associated with mission planning and execution systems for aerial photogrammetry, as well as geographic information systems met the research proposals.

Key-Words: Drone, Protected area, Remote sensing.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Classes de uso da terra e respectivos pesos	35
Tabela 2 - Categorias de declividade	36
Tabela 3 – Cálculo por classe de uso e cobertura da terra em percentual e área por hectare ..	39
Tabela 4 – Percentuais de Declividade	40
Tabela 5 – Classificação dos níveis de impacto ambiental no PARNASI.....	41

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo Geral.....	14
2.2 Objetivos Específicos.....	14
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	15
3.1 Impacto Ambiental.....	15
3.2 O papel das Unidades de Conservação no Brasil.....	16
3.3 Ciência, Tecnologia e Inovação.....	18
3.4 Sensoriamento remoto e drones.....	19
3.5 Abordagens na aplicação de drones e análise multicritério.....	21
4. MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1 Localização e caracterização da área de estudo.....	25
4.2 Características do drone utilizado	26
4.3 Amostragem.....	28
4.4 Coleta de dados	30
4.4.1 Planejamento de voos	30
4.4.2 Captura das imagens	31
4.4.3 Organização e armazenamento de arquivos.....	33
4.4.4 Processamento de imagens.....	33
4.4.5 Análise dos ortomosaico e mapeamento dos usos e cobertura da terra.....	34
4.5 Análise de dados	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
5.1 Mapeamento do uso e cobertura da terra do PARNASI	38
5.2 Categorias de declividade.....	39
5.3 Impacto Ambiental.....	40
6. CONCLUSÕES	42
REFERÊNCIAS	43

1. INTRODUÇÃO

No estado de Sergipe, região nordeste do Brasil, a única Unidade de Conservação federal existente, o Parque Nacional Serra de Itabaiana (PARNASI), abrangendo uma área de 7.966 ha, apresenta dificuldades de gestão. De acordo com o plano de manejo do parque, os recursos financeiros, materiais e humanos são insuficientes e limitados. Os maiores problemas relatados são atribuídos à situação do uso da terra ou fundiária em que diversas propriedades dentro do parque ainda não foram indenizadas.

O acesso ao parque ocorre sem o controle efetivo dos, aproximadamente, trinta mil visitantes por ano - número estimado pela gestão do PARNASI, considerando que dentre os diversos pontos de acesso o único controle existente é realizado pela portaria principal e sem um sistema de informação eficiente. Os visitantes do parque são, em geral, pessoas que buscam conhecer os aspectos culturais, a contemplação da natureza, o contato com a fauna, realizar pesquisas científicas e a prática de esportes (SOBRAL; GOMES; SANTOS, 2009), a exemplo de caminhada, *trail running* (corrida de montanha), *motocross*, *mountain bike*, voo livre e *rappel*. Outro ponto a destacar é que não existem placas de sinalização dos limites geográficos do parque.

Diversas pesquisas científicas têm sido realizadas no PARNASI e indicam a existência de impactos que estão comprometendo os ecossistemas ali encontrados (OLIVEIRA, 2008), como desmatamento, abertura de trilhas, estradas, áreas de cultivo, lixo, represamento hídrico, edificações e mineração. Além disso, incêndios ocorrem com frequência sem registro de ocorrência por ação natural, mas em decorrência de ações antrópicas associadas à queima de roça e pasto, exposição do solo, práticas religiosas e causados por moradores e visitantes (ICMBio, 2016).

A adoção de uma estratégia para a aquisição de novos dados sobre os impactos ambientais, novas informações sobre causas e efeitos e compartilhamento de conhecimento sobre o que funciona, o que não, e o porquê se faz necessária. Nesse sentido, as novas tecnologias, a exemplo de pequenos drones, têm se apresentado como soluções potenciais para ajudar na resolução de problemas no campo da conservação (PIMM et al., 2015) e, de forma

conjunta, os sistemas de informação podem contribuir de forma importante para o conhecimento (MELVILLE, 2010).

De posse de dados atualizados e confiáveis, os gestores podem fazer uso de diversas técnicas de tomadas de decisão para escolha da melhor alternativa para a solução de conflitos com menor subjetividade na análise do problema. Nesse contexto, o método multicritério tem se apresentado como ferramentas eficientes no apoio ao processo de tomada de decisão em diversas áreas da engenharia, urbanismo, gestão e tratamento de resíduos sólidos (LIMA et al., 2014), análise ambiental de susceptibilidade erosiva de bacia hidrográfica e análise da vulnerabilidade à desertificação no semiárido brasileiro (ABREU et al., 2019). A análise multicritérios permite, a partir da definição de pesos e notas atribuídas às diferentes variáveis e suas respectivas classes, combinar as variáveis e gerar um mapa síntese (SILVA; MACHADO, 2014) e, dessa forma, contribuir no processo de decisão dos gestores.

Assim, propôs-se um mapeamento atualizado e de baixo custo do uso e cobertura da terra, correlacionando com a declividade na área de estudo e a avaliação do nível de impacto ambiental do PARNASI, uma vez que os recursos escassos, a extensão da área do parque e sua topografia constituem um desafio para os gestores.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Mapear o uso e cobertura da terra em áreas protegidas com o uso de um pequeno drone e avaliar o nível de impacto ambiental.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o potencial de uso de um pequeno drone no mapeamento do uso e cobertura da terra no Parque Nacional Serra de Itabaiana;
- Mapear e identificar os usos e cobertura da terra na área do PARNASI;
- Avaliar a obtenção da declividade local por meio das imagens capturadas pelo drone;
- Medir o nível de impacto ambiental na área do PARNASI.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Impacto Ambiental

O estudo de impacto ambiental é complexo e demanda investigação aprofundada sobre sua natureza e seus reflexos na vida social, política, econômica e cultural do atual mundo capitalista. Com a expansão progressiva e escalonada da Revolução industrial, considerando os avanços científicos e suas aplicações na indústria, em forma de tecnologia, bem como as técnicas aplicadas nas atividades humanas, notadamente há uma transformação na interação entre o homem e o meio ambiente.

As condições impostas pelo desenvolvimento econômico e industrial global resultaram no mau uso do meio ambiente e consequentemente nas condições de saúde humana e de sustentabilidade ambiental. A partir dessas condições e considerando a relação intrínseca entre a preservação do meio ambiente e a manutenção da vida no planeta, evidenciou-se a necessidade de ações globais importantes. Nesse contexto, surgem diversos movimentos e organizações em prol do desenvolvimento da consciência sobre os problemas ambientais e os impactos gerados pelo mau uso dos recursos naturais, principalmente nas últimas décadas do século XX, considerados temas importantes e recorrentes nos mais diversos segmentos de opinião (PEREIRA; CURI, 2012).

A problemática ambiental não se resolve isoladamente, por exemplo, com ferramentas e conhecimentos tecnológicos, devendo ser ponderado, sobretudo, o comportamento humano e a conscientização da sociedade na sua relação com o meio ambiente. Daí se costuma dizer que a questão ambiental é uma questão multidimensional na medida em que é preciso, sem dúvida, de ferramentas tecnológicas modernas para minimizar os efeitos da degradação pela ação humana sobre a natureza bem como é indispensável que as políticas públicas se voltem à conscientização da sociedade sobre a relevância pública do tema (OLIVERIA FILHO, 2013)

Outrossim, é um desafio abordar a questão do impacto ambiental sob uma ótica apenas, pois o tema demanda atuações da sociedade em diversas áreas, tais como: jurídica, com elaboração de leis sobre a matéria; política, com envolvimento do governo na preservação do meio ambiente; tecnológica e científica, com pesquisas e implementação de projetos eficazes na área; e social, com atuação de instituições não governamentais que lutam pela preservação do meio ambiente (OLIVEIRA FILHO, 2013).

Todavia, mesmo diante da complexidade do seu conceito, pode-se citar o artigo 1º da Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986, *in verbis* (BRASIL, 1986):

“Artigo 1º - Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:
I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
II - as atividades sociais e econômicas;
III - a biota;
IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
V - a qualidade dos recursos ambientais.”

Considerando, então, a legislação descrita, chega-se à conclusão de que não é qualquer impacto ambiental que vai exigir uma atuação da sociedade, do governo e dos pesquisadores na sua prevenção ou na minimização dos seus efeitos negativos, mas, sim, o impacto que ocasione alteração fundada e grave na natureza e que afete profundamente os recursos naturais e a saúde da população com impacto no progresso das novas gerações.

Diante da complexidade do tema e das transformações do mundo atual, bem assim, diante da falta de comprometimento dos governantes, permanece a necessidade de se refletir, com humanismo, sobre a questão ambiental e, nesse contexto, o desenvolvimento de pesquisas e de métodos eficazes na preservação do meio ambiente possui, sem dúvida, relevância pública e social.

3.2 O papel das Unidades de Conservação no Brasil

O meio ambiente é um bem essencial para a vida no planeta e, como tal, seu equilíbrio deve ser assegurado e protegido para o uso de todos. Este é um princípio expresso na Constituição Federal da República do Brasil de 1988, que dispõe um capítulo especialmente dedicado ao meio ambiente. Em seu artigo 225, caput, §1º, incisos I, II e III, trata dos processos ecológicos, da restauração e preservação e especificamente define espaços territoriais a serem especialmente protegidos (BRASIL, 1988):

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.
§ 1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público[...]
III – definir, em todas as unidades da federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão

permitidos somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção (Brasil, 1988, grifo nosso).

Apesar de a Constituição Federal designar ao poder público a definição de espaços territoriais a serem especialmente protegidos, restou a alguns autores de forma a viabilizar sua instauração. Porém, é a Convenção da Diversidade Biológica (CDB), em seu artigo 2º que define como Área protegida, uma área geográfica destinada (ou regulamentada) e administrada para alcançar objetivos específicos de conservação. Após delinear todos os trâmites necessários, a CDB foi totalmente internalizada pelo ordenamento jurídico brasileiro, devendo o Brasil segui-lo e implementá-lo (PEREIRA; SCARDUA, 2008).

Com a finalidade de implementar o ordenamento jurídico foi promulgada a Lei 9.985, de 18 de julho de 2000, que regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, instituindo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) e dá outras providências. De forma específica estabelece os espaços territoriais protegidos, materializando-os na forma de unidades de conservação (UCs), define suas categorias e descreve as regras e diretrizes para sua instituição e gestão (PEREIRA; SCARDUA, 2008; PEIXOTO, 2013):

Art. 2º, Inciso I: “Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção” (BRASIL, 2000).

As unidades de conservação são divididas de acordo com seus objetivos de manejo (gestão) e diferenciadas em categorias, sendo também considerados seus objetivos de criação (GUAPYASSÚ, 2006). Em seu texto final, a Lei do SNUC definiu a criação de 12 categorias de unidades de conservação, reunidas em dois grupos: unidades de proteção integral e unidades de uso sustentável (MEDEIROS, 2005; PEREIRA; SCARDUA, 2008).

De acordo com Medeiros (2005), a organização em dois grupos busca contemplar estratégias distintas de gestão dessas áreas. Assim, a Lei 9.985, de 18 de julho de 2000, art. 7º, §2º, estabelece que as unidades de uso sustentável, têm por objetivo “compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais” (BRASIL, 2000). Enquanto por uso sustentável estabelece:

Art. 2º, inciso XI: “exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável” (BRASIL, 2000).

O segundo grupo, as unidades de proteção integral, têm por objetivo definido na Lei 9.985, de 18 de julho de 2000, em seu art. 7º, §1º “preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais” (BRASIL, 2000). Como exemplo do uso indireto dos recursos naturais, Medeiros (2005) cita: recreação em contato com a natureza, turismo ecológico, pesquisa científica, educação e interpretação ambiental.

O Brasil é detentor de umas das mais exigentes legislações ambientais do mundo, porém, ainda não tem mostrado eficiência nas questões relacionadas às suas áreas protegidas, uma vez que existe dificuldade em monitorar grandes áreas de proteção e faltam recursos financeiros, humanos e infraestrutura, o que consequentemente compromete a efetividade da gestão (FERREIRA et al., 2015).

Neste sentido, o Plano Nacional de Áreas Protegidas (PNAP), no eixo temático planejamento, fortalecimento e gestão, estabelece como objetivo geral "garantir que conhecimentos científicos e tradicionais contribuam para a eficácia do SNUC". Dentre seus objetivos específicos deve estimular e fomentar estudos que gerem conhecimentos técnico-científicos e promover pesquisas interdisciplinares para melhorar a compreensão de aspectos ecológicos, sociais, culturais e econômicos para as unidades de conservação. Além disso, deve desenvolver, aplicar e transferir tecnologias, avaliar necessidades tecnológicas de gestão e implantar soluções correspondentes no âmbito das unidades de conservação (BRASIL, 2006).

3.3 Ciência, Tecnologia e Inovação

Os conceitos de ciência, tecnologia e inovação são polissêmicos e a literatura apresenta diversas abordagens e correntes conceituais, dentre elas, a abordagem tradicional que enfatiza a ciência e o método científico como única fonte do conhecimento, e a visão do positivismo lógico que atrela a inovação tecnológica ao desenvolvimento econômico (SANTOS; MARINI; TEIXEIRA, 2016).

A ciência contribui para a tecnologia de diversas maneiras, dentre as quais: conhecimento novo que serve como fonte direta de ideias para novas possibilidades tecnológicas; prática de pesquisa como fonte de desenvolvimento, assimilação de novas

habilidades e capacidades humanas eventualmente úteis para a tecnologia; criação de uma base de conhecimento que se torne cada vez mais importante para a avaliação da tecnologia em termos de impactos sociais e ambientais mais amplos; e, por fim, como base de conhecimento que permite estratégias mais eficientes de pesquisa aplicada, desenvolvimento e aperfeiçoamento de novas tecnologias (BROOKS, 1994).

A importância da ciência e tecnologia pode ser evidenciada pelos benefícios para a sociedade decorrentes de um crescente fluxo de novos produtos gerados pelo desenvolvimento da ciência e tecnologia. Por sua vez, o desenvolvimento econômico e social das nações está diretamente relacionado aos seus sistemas nacionais e regionais de inovação (SARTORI, 2011). A inovação surge por meio da criação, do uso e da incorporação de novos conhecimentos que se originam da interação entre diversos atores que compõem um Sistema Nacional de Inovação: governo, estrutura produtiva e a infraestrutura científico-tecnológica de um país (VILLELA; MAGACHO, 2009).

O Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) do Brasil, relaciona as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) como uma das principais tendências mundiais de tema prioritário que têm orientado os investimentos em inovação. Segundo o MCTIC, essas tecnologias estão cada vez mais presentes no cotidiano da sociedade, provocando rápidas mudanças nas formas de aprendizado e na maneira como as pessoas e organizações se relacionam (MCTIC, 2016). Combinar tecnologia da informação e ciência ambiental para estudar, monitorar e explorar o ambiente natural e sua interação com atividades humanas, tem potencial crescente e rápido de gerar grandes benefícios para o meio ambiente (ANTIKAINEN et al., 2004).

Nesse contexto, as tecnologias da informação e comunicação (TIC) constituem um sistema importante para a solução de problemas organizacionais na medida em que apoia os seus processos coletando, armazenando, processando dados e gerando informações para a melhoria dos seus processos e fornecendo, dessa forma, suporte aos gestores no processo de tomada de decisões.

3.4 Sensoriamento remoto e drones

O uso das novas tecnologias e das inovações técnicas, desde os anos 60 do século passado, abriu novas possibilidades em favor do meio ambiente. A partir dos anos 80, os

Geographical Information Systems (GIS) agregaram valor às pesquisas científicas (SABELLA et al., 2017) proporcionando várias opções de processamento de informações a partir de imagens coletadas por sensores remotos. Os dados podem ser coletados a partir de plataformas orbitais (satélites) ou de diversos tipos de aeronaves (CRÓSTA et al., 2016) a exemplos dos drones. As informações geradas a partir da combinação dessas tecnologias têm auxiliado gestores e pesquisadores para avaliar a fragilidade ambiental e na formulação de propostas de manejo (SILVA; BACANI, 2017).

O desenvolvimento de drones não é recente, a tecnologia tem sido utilizada pelos militares há décadas, porém, durante a última década têm aumentado nas aplicações civis (LINCHANT et al., 2015). Uma revisão da literatura sugere que os pequenos drones são cada vez mais usados por empresas madeireiras e agências florestais governamentais para diversas aplicações de planejamento, mapeamento e monitoramento ambiental. Têm sido utilizados em variadas aplicações não só no mercado, mas também em pesquisas científicas em todo o mundo. A vigilância do avião monitorou a vida selvagem durante décadas, mas os drones podem transportar pequenos computadores, câmeras e vários sensores capazes de tirar fotos e vídeos em alta resolução, podendo fornecer informação mais barata e melhor em comparação com as obtidas por aeronaves tripuladas ou imagens de satélite (PIMM et al., 2015).

Os termos Unmanned Aerial System (UAS) foi adotado pelo Departamento de Defesa dos EUA (DOD) e pela Autoridade de Aviação Civil (CAA) do Reino Unido (COLOMINA; MOLINA, 2014). Unmanned Aerial Vehicles (UAV) ou Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) também têm sido utilizados. Todavia, o termo técnico adotado pela Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), agência especializada das Nações Unidas responsável pela promoção do desenvolvimento seguro e ordenado da aviação civil mundial é Remotely Piloted Aircraft System (RPAS), também adotado pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), no Brasil.

A ANAC define o termo RPAS como uma aeronave não tripulada pilotada a partir de uma estação de pilotagem remota com finalidade diversa de recreação (BRASIL, 2017). Para a aplicação dessa pesquisa, adotamos o termo “drone” tendo em vista o modelo utilizado e ser este o termo utilizado tanto pela ANAC como pelas autoridades aeronáuticas brasileiras em seus sistemas de registros de aeronaves e em seus sites institucionais com o objetivo de esclarecer que se trata de um equipamento recreativo e de pequeno porte (JÚNIOR, 2017).

A maioria dos pesquisadores e profissionais do campo da conservação da natureza ainda conta com sensoriamento remoto baseado em satélite para mapear e monitorar, por exemplo, a

mudança de uso e cobertura da terra. Entretanto, devido a seu custo, essa tecnologia pode não ser acessível para muitos pesquisadores. Embora algumas imagens de satélite de baixa resolução estejam livremente disponíveis na internet, outras imagens de alta resolução podem ser muito onerosas, pois, muitas vezes, os satélites de sensoriamento remoto se deparam com persistentes coberturas de nuvens. Os pesquisadores normalmente precisam pesquisar a partir de uma série temporal de imagens sem a interferência de nuvens para obter os dados de que precisam, isso torna praticamente impossível qualquer monitoramento em tempo real (KOH; WICH, 2012).

Os pequenos drones estão sendo usados cada vez mais para uma variedade de tarefas de monitoramento ambiental com sucesso razoável e estima-se que sua utilização provavelmente aumentará rapidamente, pois estão cada vez mais sofisticados e acessíveis e outras melhorias vão continuar, uma vez que as tecnologias estão se tornando mais baratas, mais rápidas e mais fáceis de serem utilizadas (PANEQUE-GÁLVEZ et al., 2014; PIMM et al., 2015).

As Organizações não-governamentais (ONGs) de conservação da natureza e gestores de áreas protegidas em todo o mundo estão se interessando em usar pequenos drones para tarefas relacionadas à conservação, como por exemplo: vigilância da vida selvagem, monitoramento da mudança de uso e cobertura da terra e atividades ilegais em áreas protegidas como a caça ilegal (PANEQUE-GÁLVEZ et al., 2014). Adicionalmente, apesar de não ser considerado um impacto direto à conservação da biodiversidade, a segurança dos visitantes, frequentadores e comunidades locais de Unidades de Conservação é uma preocupação por parte dos gestores (ICMBio, 2016). Atores ilegais podem se sentir mais intimidados por pequenos drones do que por agentes humanos devido à suas capacidades de vigilância (PANEQUE-GÁLVEZ et al., 2014).

Nesse contexto, o uso de pequenos drones podem beneficiar as Unidades de Conservação, apoiando gestores e pesquisadores, com informações mais confiáveis, convenientes, repetíveis, precisas e com menores custos (SABELLA et al., 2017).

3.5 Abordagens na aplicação de drones e análise multicritério

Os gestores de áreas protegidas precisam de informações confiáveis para detectar tendências espaciais e temporais dos impactos que ocorrem nas áreas em que são responsáveis por proteger. Essas informações são cruciais para a compreensão dos processos e a avaliação

da eficácia das políticas de manejo e conservação (SCHUETTE et al., 2018). Porém, um dos desafios para os gestores é o monitoramento dessas áreas com poucos recursos materiais, humanos e financeiros.

Atualmente, a maioria dos sistemas de monitoramento e coleta de dados é baseada em uma combinação de medições baseadas em terra, sensores aéreos tripulados e observações por satélite (MANFREDA et al., 2018) e, geralmente, tais abordagens são caras, lentas e intensivas em mão-de-obra (VAN GERMET et al., 2015). Entretanto, nos últimos anos houve uma grande evolução tecnológica tanto das plataformas de UAS como da visão computacional (COLOMINA; MOLINA, 2014), possibilitando um universo de oportunidades que podem ser aplicadas em favor da conservação e proteção dos ecossistemas localizados em áreas protegidas.

A captura de imagens de alta resolução por meio de pequenos drones executando voos em baixa altitude é uma das estratégias que têm sido utilizadas, por exemplo, para o monitoramento do uso e cobertura da terra (KOH; WICH, 2012), sensoriamento remoto de florestas, mapeamento de clareiras, rastreamento de incêndios (TANG; SHAO, 2015), localização e contagem de animais (VAN GERMET et al., 2015), monitoramento de áreas costeiras (PÉREZ-ALBERTI, et al., 2018), estudo para restauração de áreas degradadas pelo uso do solo e análise da vulnerabilidade ambiental (ROCHA, 2019).

Os UAS podem fornecer aos pesquisadores e técnicos uma coleta de dados quando e onde necessário, com investimentos relativamente pequenos (ZAHAWI et al., 2015; MANFREDA et al., 2018). As imagens obtidas a partir de suas câmeras em conjunto com Sistemas de Informação Geográficas (SIG) atuais e a fotogrametria, são capazes de fornecer dados precisos e de forma rápida.

A fotogrametria é uma tecnologia que permite a reconstrução da posição, orientação, forma e tamanho dos objetos a partir das imagens. Essas imagens podem se originar como imagens fotoquímicas (convencional) ou como imagens fotoelétricas (digitais) (KRAUS, 2004). Esses dados, uma vez processados, podem fornecer informações importantes que permitam medir e avaliar os impactos ambientais decorrentes do uso da terra em áreas protegidas, apoiando a tomada de decisão por parte dos gestores de parques nacionais a exemplo do PARNASI.

A fotogrametria aérea, utilizando drones tem sido largamente utilizada, pois oferece a possibilidade de mapear regiões distintas (remotas e de difícil acesso) rapidamente e com alta

flexibilidade (UNGER et al., 2014). A fotogrametria tem sido a principal implementação dos UAS graças ao baixo custo das plataformas, bem como dos softwares de processamento de imagens digitais disponíveis atualmente no mercado (MANFREDA et al., 2018). Pesquisadores utilizaram, por exemplo, o software *Agisoft Photoscan* para criar modelos digitais de superfícies/elevações do terreno (DEM) e ortomosaicos para classificação e análise de dados (GONÇALVES et al., 2016; SINGH; FRAZIER, 2018; YEH; CHOU; YANG, 2016)

Entretanto, essas abordagens não são isentas de problemas operacionais de coleta, processamento e recuperação de dados, devido a fatores que podem afetar a qualidade das imagens (MANFREDA et al., 2018), como variação de altitude durante o voo, mudanças de direção e velocidade do vento e, eventualmente, perda de dados durante o processo de armazenamento em servidores e falhas no processamento. Apesar do fácil acesso e a eficiência desses softwares, o custo computacional ainda é crítico, dado que o processamento pode demandar dezenas ou até centenas de horas, a depender das dimensões da área coberta e dos ativos computacionais disponíveis.

Uma variedade de metodologias tem sido adotada na aplicação de drones em pesquisas, atestando o grande potencial dessas técnicas. Todavia, há necessidade de esforços e harmonização para avaliar a confiabilidade de diferentes procedimentos e metodologias para o monitoramento ambiental (MANFREDA et al., 2018). Utilizando imagens capturadas de UAS Mulero-Pázmány et al. (2015) avaliaram com sucesso a predição de padrões na distribuição espacial de gado, Pérez-Alberti et al. (2014), geraram um modelo digital de elevação do terreno (DEM) e compararam com dados históricos para analisar a movimentação das rochas em um determinado espaço temporal e aprovaram o uso dessa técnica para o monitoramento de zonas costeiras. Yeh et al. (2016) geraram um modelo de nuvem de densidade de pontos, resultando em uma imagem do terreno em 3D, para avaliarem o uso da terra em um parque ecológico na Tailândia com precisão centimétrica.

Weber & Knaus (2017), utilizando um ortomosaico de fotos capturadas a partir de um drone analisaram por comparação simples e puderam identificar trilhas secundárias feitas por turistas, praticantes de esportes de inverno, em uma área protegida de reserva de biosfera. Bacari et al. (2014) utilizaram um banco de dados geográficos por meio de um sistema de informações geográficas para elaborar o zoneamento ambiental de uma bacia hidrográfica utilizando imagens orbitais com base na análise da fragilidade empírica ambiental proposta por Ross (2011). Por fim, uma abordagem utilizando métodos convencionais foi sugerida por Schuete et al. (2017) como alternativa aos possíveis vieses ainda existentes na fotogrametria aérea e como

alternativa mais barata e robusta para áreas protegidas mal financiadas. Todavia, não foram apresentados dados comparativos de custos financeiros dessas operações que justificassem que o método apresentado fosse mais barato que utilizar drones.

Lima et al. (2014) analisaram diversas tecnologias utilizadas no tratamento de resíduos sólidos por meio de modelos de análise multicritérios hierarquizados e apresentaram alternativas tecnológicas mais indicadas para o tratamento adequado de resíduos sólidos. Para mapear o potencial de erosão de uma bacia hidrográfica e classificar a susceptibilidade erosiva natural e de origem antrópica, Silva et al. (2014) combinaram o método multicritério com o método de álgebra de mapas, em que se mostrou eficiente na análise tanto qualitativa quanto quantitativa das variáveis que mais influenciam na susceptibilidade erosiva do solo.

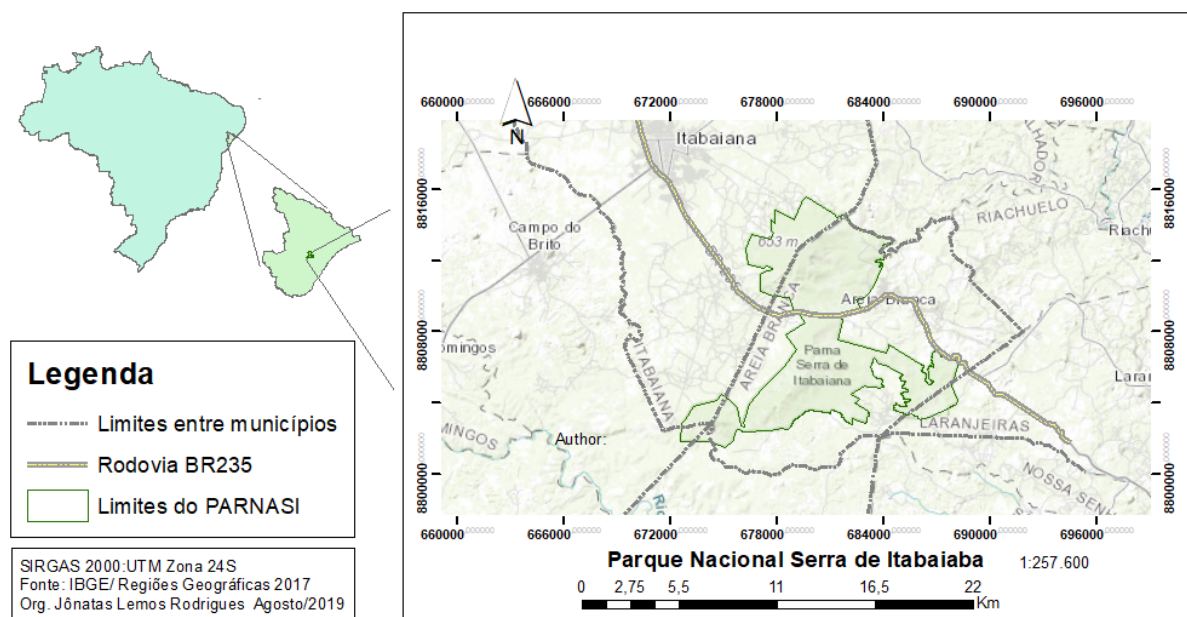
Finalmente, Abreu et al. (2019) propuseram a utilização do modelo multicritério de decisão para analisar a vulnerabilidade à desertificação do semiárido brasileiro, por meio da avaliação do grau de impacto das ações antrópicas combinado com variáveis de alterações ambientais e atividades econômicas regionais, e produziram informações hierarquizadas de ações antrópicas que requerem maior cuidado por parte dos gestores na tomada de decisões.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização da área de estudo

O Parque Nacional Serra de Itabaiana (PARNASI) ($10^{\circ}42'36''$, $10^{\circ}50'16''$ S, $37^{\circ}16'42''$, $37^{\circ}25'14''$ W) é uma unidade de conservação (UC) federal, criada pelo Decreto s/nº de 15 de junho de 2005 e administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Está situada entre as cidades de Areia Branca, Itabaiana, Laranjeiras, Itaporanga D'ajuda, Campo do Brito e Malhador, distante aproximadamente 45 km de Aracaju, capital do estado de Sergipe, região Nordeste do Brasil (Figura 1). Abrange uma área de 7.966 ha, compreendendo três serras: Cajueiro, Comprida e Itabaiana, sendo esta última a que apresenta a maior altitude, cerca de 670 m (DANTAS; RIBEIRO, 2010; ICMBio, 2016).

Figura 1 - Localização do Parque Nacional Serra de Itabaiana, no estado de Sergipe, Nordeste do Brasil.



Fonte: Elaborada pelo autor

O clima da região, segundo a Classificação de Köppen, é As', tropical com verão seco e moderado com excedente hídrico no inverno e índice pluviométrico de Thorntwaite (Im) entre 1,3 e 8,8. Caracterizado por uma precipitação média anual entre 1.100 e 1.400 mm (SERGIPE/ SEMARH/ SRH, 2014). As temperaturas na região variam entre 23,7º a 31,8º C com médias

anuais de 27,7° C, precipitação média de 1.143 mm, sendo o período entre os meses de maio a julho considerado o de maior ocorrência de precipitação, enquanto novembro e dezembro, o período de menor precipitação na região (WHITE; RIBEIRO, 2011). O relevo é formado predominantemente por elevações e escarpas, vales e áreas que variam entre suave, ondulado e plano nas partes mais baixas das serras, variando entre 60 e 659 metros de altitude (ICMBio, 2016).

Dentre os usos relacionados no plano de manejo do PARNASI e em estudos, estão a urbanização do entorno do parque, acessos irregulares, desmatamento e clareiras, mineração para a retirada de areia, pedra e argila, torres de transmissão de energia e telecomunicações (ICMBio, 2016), áreas de cultivo agrícola, estradas de chão e rodovia federal, depósito de lixo, trilhas secundárias e alargamento das trilhas principais (OLIVEIRA et al., 2009), além de diques e barragens (TELES et al., 2013).

4.2 Procedimento metodológico

O projeto de pesquisa foi cadastrado no Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO), do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), sob o número de registro 6726429 (Anexo A) e a coleta de dados foi realizada no período de 9 de junho de 2018 a 19 de abril de 2019.

4.3 Características do drone utilizado

Para a coleta de imagens aéreas foi utilizado um drone modelo Mavic Pro da fabricante chinesa DJI (Figura 2), adquirido com recursos próprios no valor de \$1.299. Esse modelo possui quatro motores no sentido vertical, cada um com uma hélice (quadricóptero), pesa 734 g, é capaz de atingir velocidade máxima de 65 km/h e sua autonomia máxima de voo é de 27 minutos (vento 0 a 25 km/h). A câmera possui resolução de 12,7 Mpixels, capaz de fornecer imagens com tamanho máximo de 4000x3000 pixels (4K), nos formatos JPG e DNG, e um estabilizador de imagem automático de 3 eixos, denominado *gimbal*, capaz de inclinar a câmera dentro de uma faixa de 120 graus (DJI, 2017).

Figura 2 - DJI Mavic Pro - modelo de drone utilizado na pesquisa



Fonte: Site da DJI - fabricante do modelo (DJI, 2017).

De acordo com a ANAC, esse modelo pertence a Classe 3 - RPA: peso máximo de decolagem de até 25kg, ou seja, para voos abaixo dos 400 pés ou 121,92 metros, em que não há necessidade de autorização para o projeto, nem de licença e habilitação (BRASIL, 2018b), devendo, no entanto, a RPA estar devidamente matriculada no Sistema de Aeronaves Não Tripuladas (SISANT). Para tanto, o drone utilizado está registrado sob número PP-201712212 com licença válida até 30 de outubro de 2020.

Os sistemas embarcados em seu hardware são compostos por diversos sensores e atuadores como acelerômetros, barômetros e bússolas que garantem o controle e a estabilidade do voo, permitindo que o equipamento possa voar com total segurança. Além disso, a navegação é auxiliada por sistema de *GPS/GLONASS*, que identifica e rastreia a posição do drone durante todo o tempo de funcionamento. Toda a telemetria como a altitude, distância, velocidade, tempo de funcionamento, nível de carga das baterias (drone e rádio controle), dentre outras, é visualizada pelo operador e, a partir do nível de carga das baterias, o software calcula o tempo de voo necessário para que o drone retorne com segurança ao local de partida. A coleta das imagens foi realizada utilizando a técnica de fotogrametria automática com o uso dos softwares Dronedeploy e UGcS.

4.4 Amostragem

A amostragem foi definida dentro de áreas correspondentes a grids (BARVE et al., 2005; BRENDAN et al., 2005), cujo tamanho foi estabelecido a partir de experimentos realizados de acordo com as configurações do Mavic Pro, sem ultrapassar a altitude limite estabelecida pela ANAC (120m) e requisitos do software de processamento de imagens (Photoscan).

A distância entre um sensor e um objeto determina a resolução espacial (Singh; Frazier, 2018). Para tanto, os parâmetros definidos foram: Resolução (3.6 cm/pixel); Sobreposição horizontal (65%); e Sobreposição frontal (80%) (Figura 7). Portanto, foram criados grids correspondentes a uma área de 4 hectares sobre a imagem do PARNASI gerando *shapesfiles* com os dados geográficos (325 grids) e importados no Google Earth (Figura 3).

O planejamento dos voos foi realizado a partir dos grids exportados do software Google Earth, em formato kml (*Keyhole Markup Language*) um formato de arquivo usado para exibir dados geográficos em um navegador da terra utilizando uma estrutura de tags com elementos e atributos aninhados baseado no padrão XML (GOOGLE, 2014).

Para a definição do tamanho da amostra (número de grids) foi considerado o nível de confiança de 95% e erro amostral tolerado de 5%, calculado pela equação conforme Barbetta (2002):

Em que:

$$\text{Equação 1: } n_0 = \frac{1}{E_0^2};$$

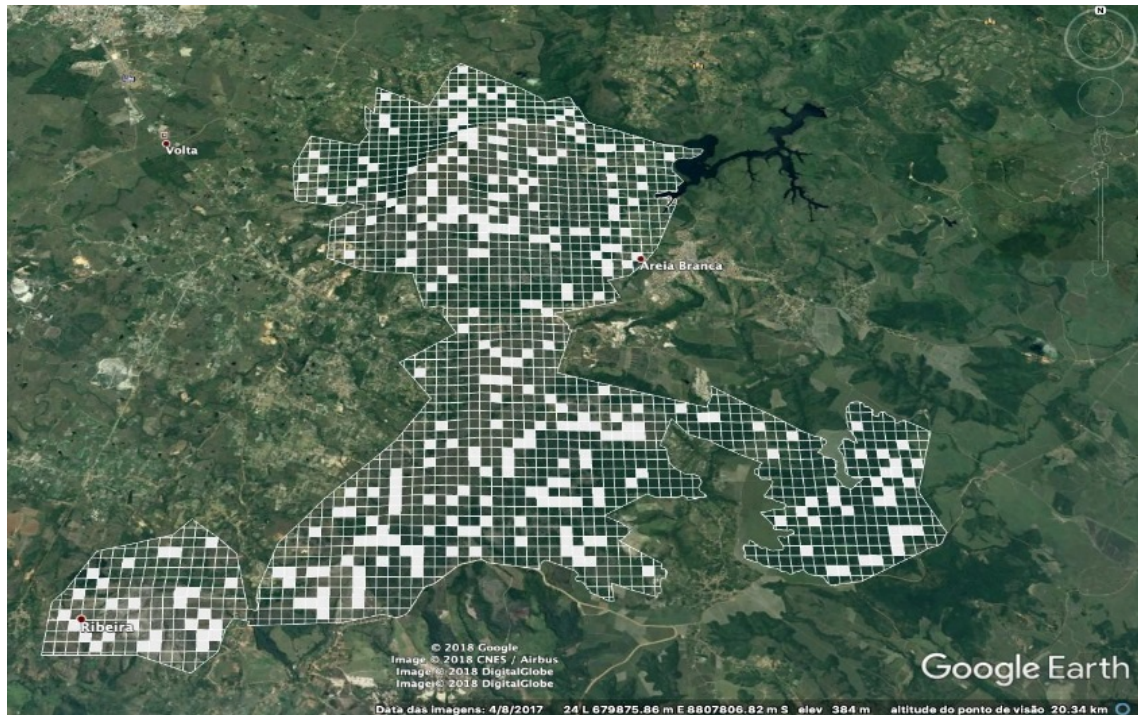
$$\text{Equação 2: } n = \frac{N \cdot n_0}{N + n_0};$$

N = Tamanho da população [quantidade total de grids de 4ha gerados para o PNSI];

- E_0 = Erro amostral tolerado [5% = 0,05];
- n_0 = Primeira aproximação do tamanho da amostra;
- n = Tamanho da amostra. Logo:
- Tamanho da população (N) = 1729;
- Grau de confiança (%) = 95%;
- Margem de erro aceitável (E) = 5% Resultado: 325 grids.

O drone sobrevoou a área do PARNASI por amostragem aleatória simples, em que com o auxílio de uma planilha eletrônica, foi realizado previamente um sorteio dos grids que foram mapeados sem repetição temporal e espacial (Figura 3).

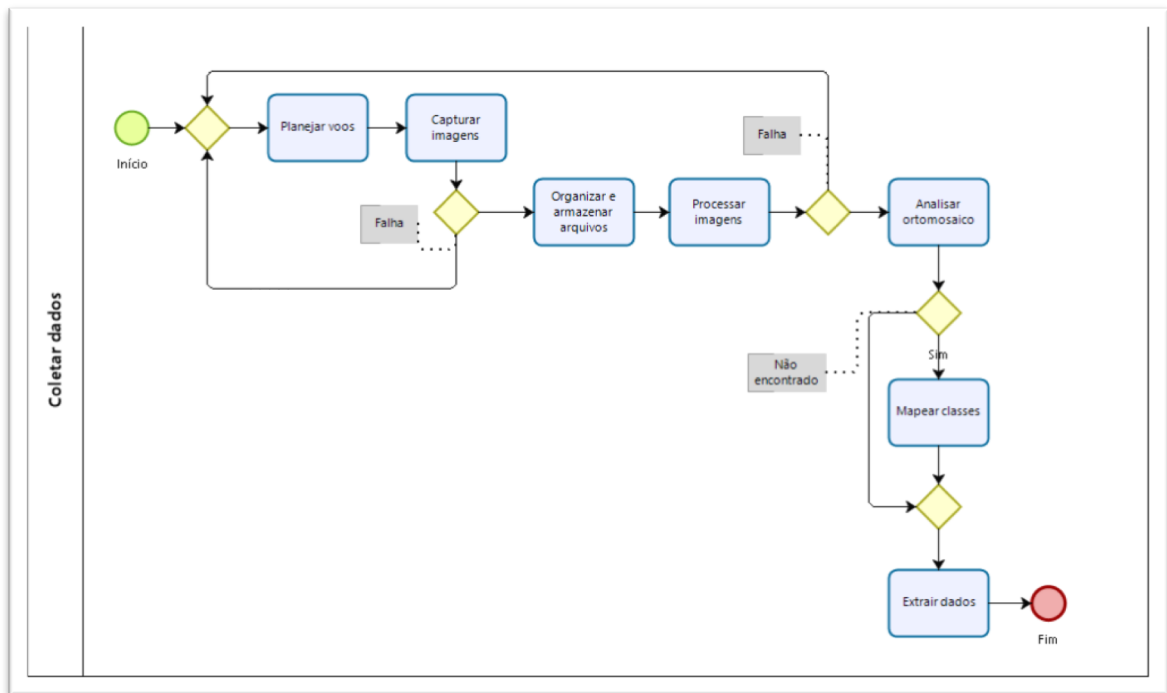
Figura 3 - Grids sorteados sobre a imagem do PARNASI



Fonte: Elaborada pelo autor (*screenshot*)

Para o gerenciamento dessa etapa da pesquisa, as atividades do processo foram modeladas e estão representadas na Figura 4 e descritas a seguir.

Figura 4 - Diagrama do processo de coleta de dados.



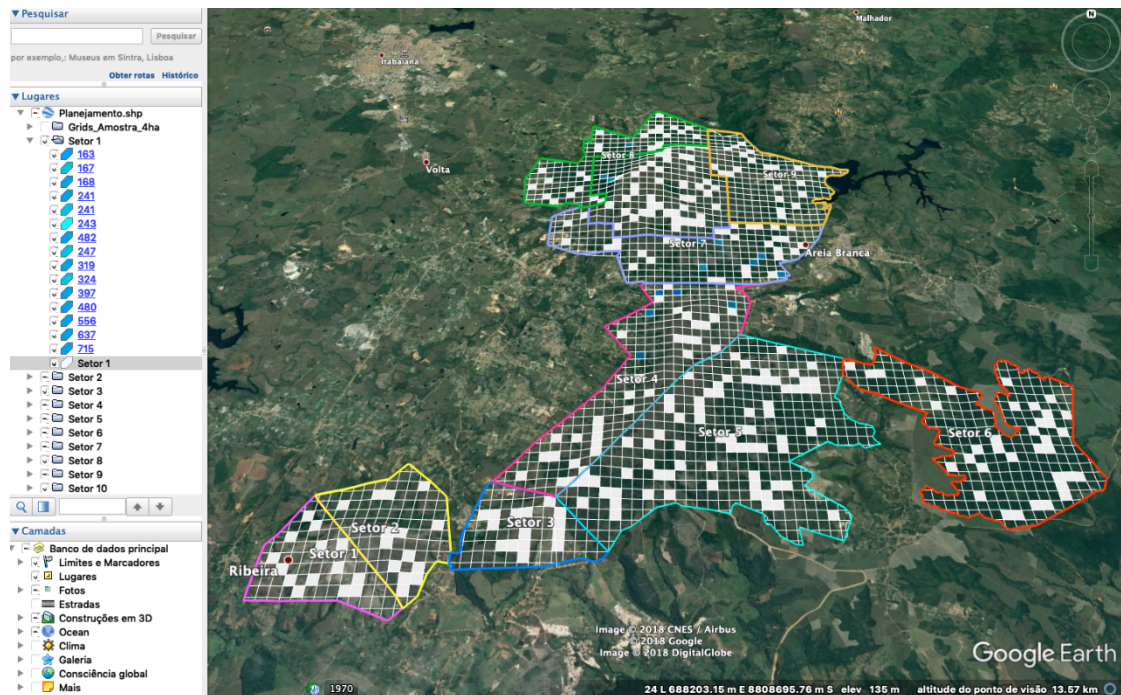
Fonte: Elaborada pelo autor

4.5 Coleta de dados

4.4.1 Planejamento de voos

Para o planejamento dos voos, a área de estudo foi dividida em dez setores (Figura 5) de acordo com a dificuldade de acesso ao local de decolagem. A dificuldade de acesso foi determinada por observação prévia das imagens do PARNASI por meio do Google Earth e extraíndo as distâncias e nível de elevação entre os grids selecionados e os pontos de acesso, para que pudessem ficar o mais próximo possível da Estação de Pilotagem Remota (EPR) - local em que estavam dispostos os equipamentos e o veículo utilizados, de maneira que essa distância não ultrapassasse 2000 metros ou um tempo de voo maior que a autonomia de segurança de voo do drone (12 min - aproximadamente).

Figura 5 - Planejamento de voos no Google Earth.



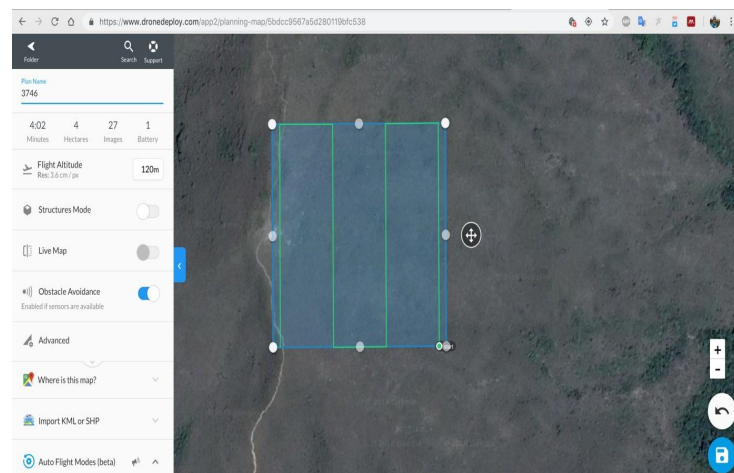
Fonte: Elaborada pelo autor (screenshot - Google Earth)

Os grids selecionados para execução dos voos foram registrados em uma planilha eletrônica (MS Excel) contendo os atributos: data, hora inicial, hora final, setor, grid, status e observação.

4.4.2 Captura das imagens

Para a execução dos voos e captura das imagens os arquivos kml foram importados para o software de planejamento de voos - Dronedeploy (Figura 6). O Dronedeploy foi utilizado no início da coleta, mas apresentou dificuldades em manter o voo acima do nível do solo - *Above Ground Level* (AGL) nos locais mais íngremes comprometendo a sobreposição das imagens. Isto ocorre porque o cálculo de elevação é feito tomando por base o local de decolagem ou *takeoff* (DroneDeploy, 2018). Dessa forma, diversas imagens capturadas nos locais com grandes diferenças de elevação apresentaram falhas ao serem processadas e tiveram que ser refeitas, tornando inviável o uso do Dronedeploy nesses locais.

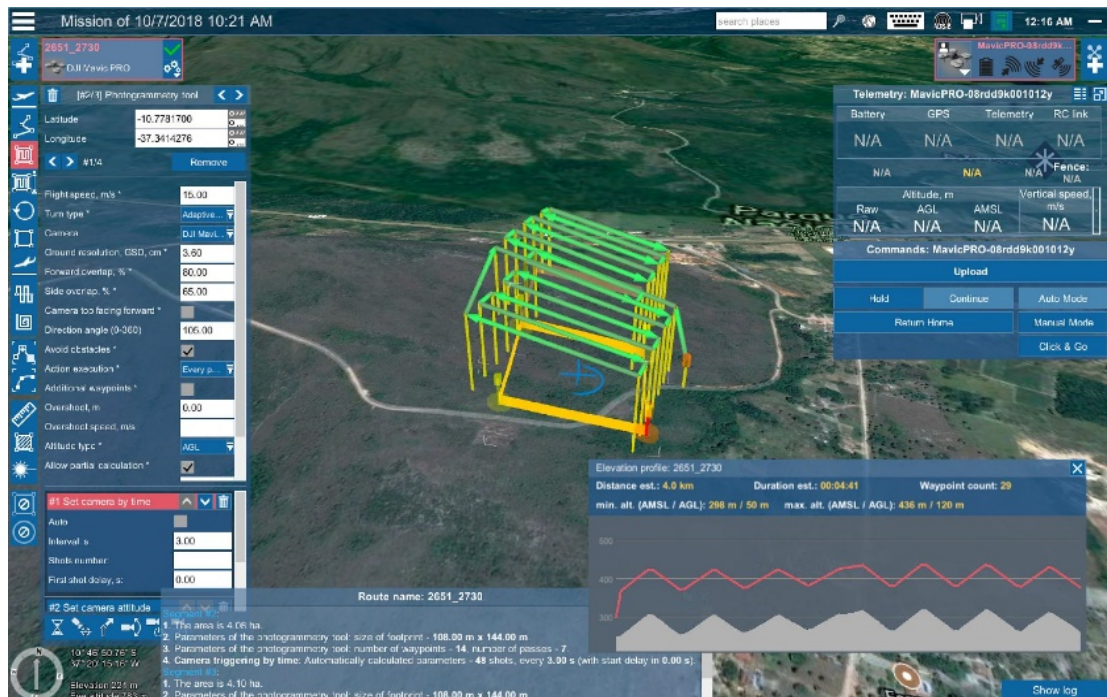
Figura 6 - Planejamento de voo utilizando Dronedeploy



Fonte: Elaborada pelo autor (screenshot).

Como alternativa, foi adquirida uma licença de uso do software UGcS que utiliza modelos digitais de elevação (DEM) para manter o drone na mesma altitude do solo - *Ground Sample Distance* (GSD) durante todo o voo (MANFREDA et al., 2018) facilitando a escolha do local da EPR e atendendo aos requisitos da ANAC. Foram realizados "merge" (ou junção) dos grids em que foi possível montar a EPR o mais próximo possível e o cálculo do UGcS indicava um tempo de voo dentro do limite de segurança (Figura 7).

Figura 7 - Planejamento de voo utilizando UGcS - Perfil de elevação e merge de dois grids.



Fonte: Elaborada pelo autor (screenshot).

4.4.3 Organização e armazenamento de arquivos

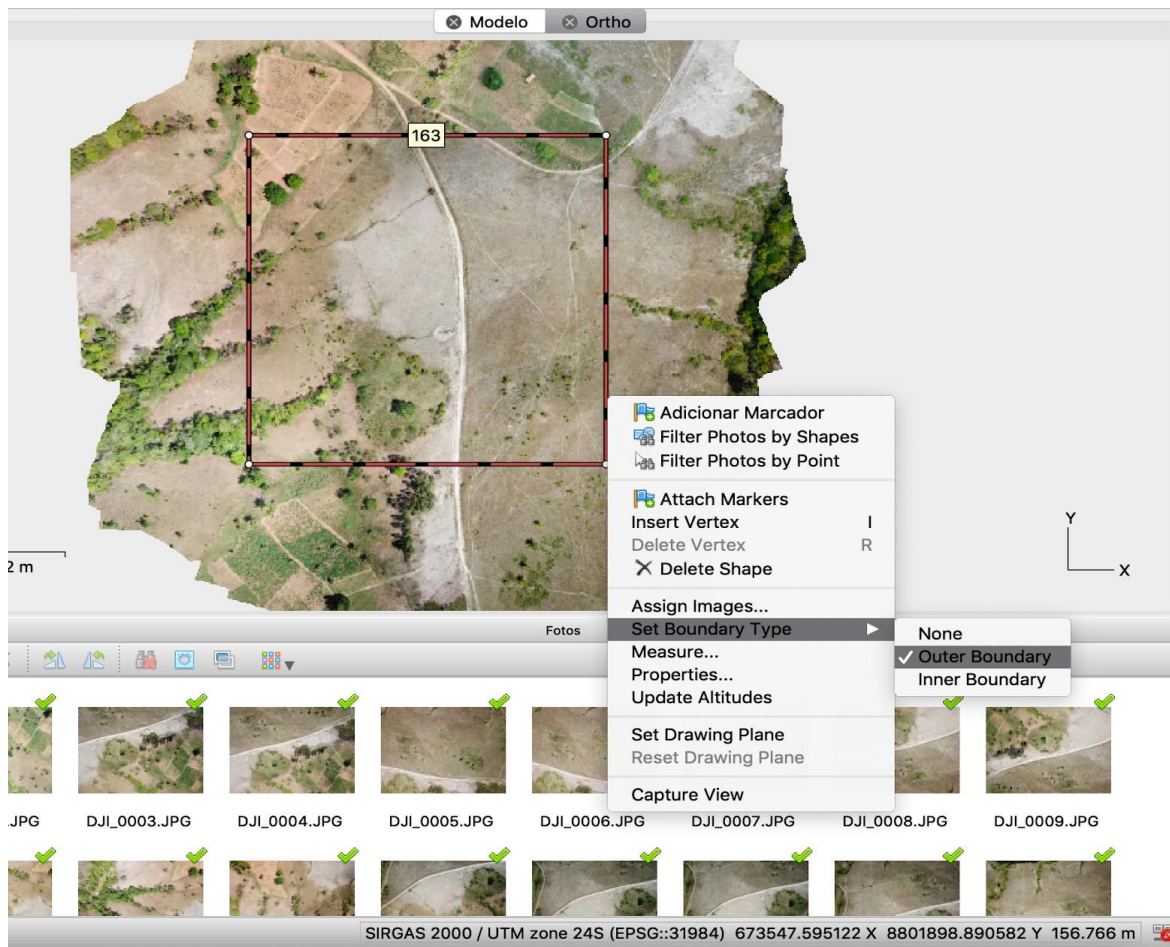
Após a coleta, as fotos foram organizadas em pastas, nomeadas, respectivamente, com o número do grid e armazenadas na nuvem (Google Drive). Os dados da coleta foram registrados em uma planilha eletrônica (MS Excel) contendo os atributos: data da coleta, número do grid, setor, hora de início, hora do fim, tempo de voo, total de fotos, tamanho da pasta e observações.

4.4.4 Processamento de imagens

Nessa etapa as fotos foram processadas utilizando o software Agisoft Photoscan 1.4.3 (licença temporária), de acordo com o seguinte fluxo de trabalho: Alinhar Fotos (precisão: média), *Build Dense Cloud* (qualidade: Elevada), *Build DEM* e *Build Orthomosaic* (*surface: DEM*). O padrão de referências geográficas utilizado foi o SIRGAS 2000/UTM zone 24S (EPSG::31984) em que as coordenadas das fotos foram convertidas. A escolha do Photoscan se deu por apresentar maior eficiência em relação a outros softwares, especialmente na geração do ortomosaico (UNGER et al., 2015), e ter sido utilizado em vários estudos (SINGH; FRAZIER, 2018).

Com a composição do ortomosaico concluída, o arquivo *kml* correspondente ao grid foi importado e feito o recorte do ortomosaico (*Set Boundary Type/Outer Boundary*) gerando uma imagem final para exportação do tipo “*.tif*” (Figura 8) para mapeamento. Os grids que apresentaram falhas como ortomosaico não gerado ou incompleto, foram registrados na planilha e novamente selecionados para realização de uma nova coleta (Figura 4).

Figura 8 - Recorte do ortomosaico feito utilizando o *Photoscan*



Fonte: Elaborada pelo autor (*screenshot*).

4.4.5 Análise dos ortomosaico e mapeamento dos usos e cobertura da terra

Os ortomosaicos foram analisados para identificar os usos da terra e classificados como Floresta, Cultivo, Desmatamento, Edificação, Mineração, Estrada, lixo, Represamento e Trilha. Em seguida, as classes foram mapeadas utilizando o software ArcGIS 9.3. Utilizando a ferramenta *Feature Class* do tipo linha para desenhar a classe trilha e do tipo polígono para as demais classes, sendo que para estrada e trilha foi adicionado um buffer de 0,5 metros.

4.5 Análise de dados

Na análise de dados o nível de impacto ambiental foi calculado considerando os usos da terra versus a declividade da área mapeada. Para tanto, foi atribuído um valor de peso para cada classe de uso da terra (Tabela 1).

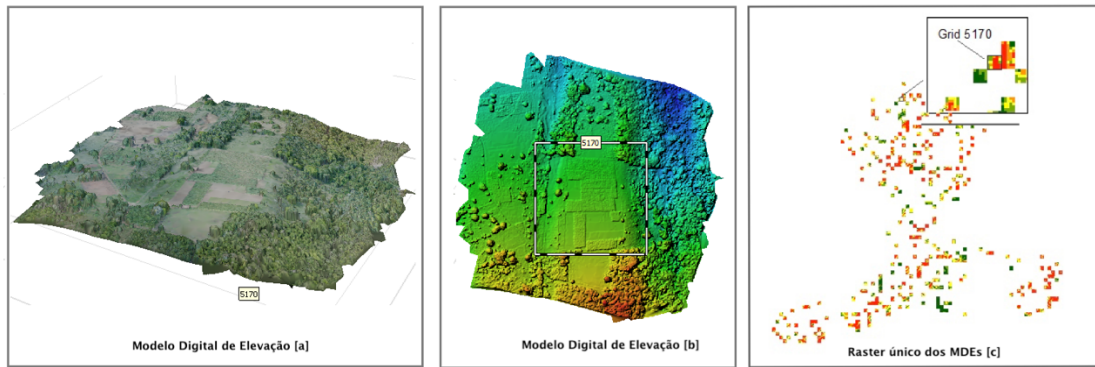
Tabela 1- Classes de uso da terra e respectivos pesos

Id	Classe	Descrição	Categoria
0	Floresta	Áreas de floresta ou onde nenhuma das outras classes foram identificadas	0
1	Cultivo	Áreas de cultivo agrícola	3
2	Desmatamento	Desmatamentos e clareiras	3
3	Edificação	Urbanização do entorno do parque, torres de transmissão de energia e telecomunicações	1
4	Mineração	Retirada de areia, pedra e argila	5
5	Estrada	Estradas de chão e rodovia federal	5
6	Lixo	Depósitos de lixo	2
7	Represamento	Diques e barragens	1
8	Trilha	Trilhas principais e secundárias	4

Fonte: Elaborada pelo autor

Os ortomosaicos gerados foram mesclados em um único *shapefile* utilizando a opção *ArcGIS/Geoprocessing/Merge*, convertido para o formato raster (dados matriciais) considerando o valor de peso atribuído para cada classe. Em sua forma mais simples, um *raster* consiste em uma matriz de células (ou pixels) organizadas em linhas e colunas (ou uma grade) onde cada célula contém um valor representando informações, como altura, temperatura, etc. Rasters podem ser fotografias aéreas digitais, imagens de satélites, imagens digitais ou até mesmo mapas digitalizados (ESRI, 2019).

A partir das fotos georreferenciadas, coletadas pelo drone, foram gerados os Modelos 3D (Figura 9a) de cada grid, em seguida os Modelos Digitais de Elevação (MDE) - Figura 9b, que consiste nas coordenadas *x*, *y* e *z* das imagens digitais (TAHAR, 2012) e, por fim, foram importados no ArcGIS para compor um único raster (Figura 9c).

Figura 9 – Composição do *raster* de declividade

Fonte: Elaborada pelo autor

Os dados de declividade foram extraídos em medida percentual, utilizando a ferramenta *Slope Spatial Analyst Tools* e as informações obtidas foram classificadas de acordo com o modelo empírico sugerido por Ross (2011) cinco categorias, variando de muito fraca a muito forte (Tabela 2).

Tabela 2 - Categorias de declividade

Categoria	Descrição	Declividade (%)
1	Muito fraco	< 6%
2	Fraco	6 -12%
3	Médio	12 - 20%
4	Forte	20 -30%
5	Muito forte	> 30%

Fonte: Adaptada de Ross (2011)

Para comparação dos dados das classes de uso e cobertura da terra e os dados das categorias de declividade, foi utilizada a ferramenta *Raster Calculator*. Foram considerados o valor máximo de peso atribuído para cada classe multiplicado pela quantidade de categorias de níveis de impacto ambiental. A classe Floresta com valor zero não foi considerada por não representar impacto antrópico mesmo em áreas declivosas.

Em que:

Valor 0 (zero) representa nenhum impacto ambiental;

Valor máximo de peso = 5;

Categorias de declividade = 5.

$$NIA = (U * D)/25$$

- NIA = Nível de Impacto Ambiental;
- U = Dados das classes de uso e ocupação da terra do PARNASI;

- D = Dados de declividade da área mapeada.

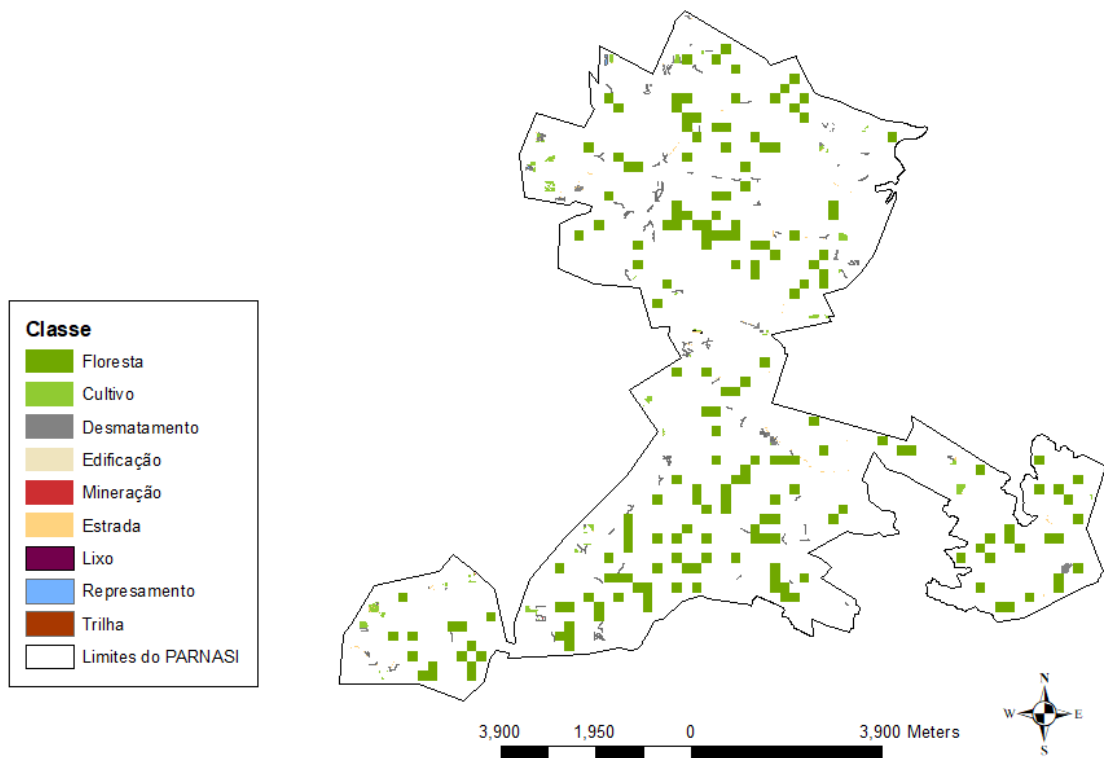
O algoritmo executou a expressão matemática simples sobre cada célula dos mapas sobrepostos determinando um valor para cada célula compondo um plano de informação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Mapeamento do uso e cobertura da terra do PARNASI

O mapa de uso e cobertura da terra e o percentual de cada classe e área (em hectare) por classe estão apresentados na Figura 10 e Tabela 3, respectivamente. Os resultados demonstram que o maior percentual está atribuído a classe Floresta com 90,96% de cobertura da área de estudo, seguida pelas classes Cultivo (5,06%) e Desmatamento (2,45%) indicando que a maior parte da área pesquisada se encontra preservada. Observando a distribuição espacial das classes de uso e cobertura da terra, nota-se que a maioria das classes se encontra nas bordas dos limites do PARNASI, o que indica maior fragilidade dessas áreas e maior atenção nas ações de manejo.

Figura 10 - Mapa de uso e cobertura da terra por classe



Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 3 – Cálculo por classe de uso e cobertura da terra em percentual e área por hectare

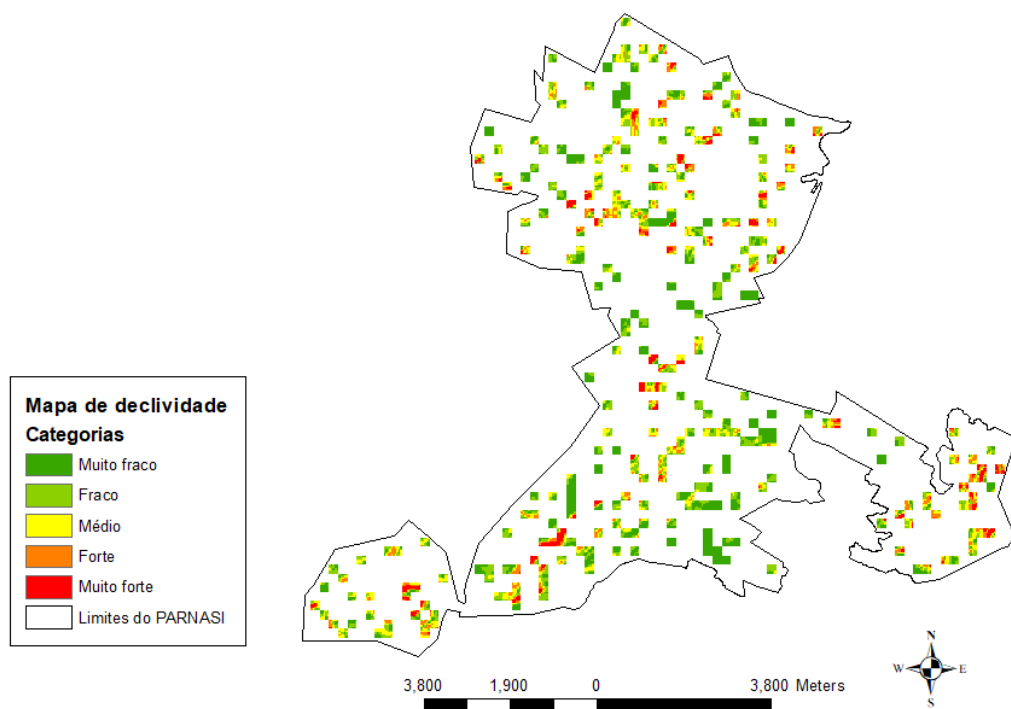
Classe	Área (ha)	Área %
Floresta	72.000	90,96%
Cultivo	4.004	5,06%
Desmatamento	1.940	2,45%
Edificação	91	0,12%
Mineração	43	0,05%
Estrada	642	0,81%
Lixo	8	0,01%
Represamento	196	0,25%
Trilha	229	0,29%

Fonte: Elaborada pelo autor

5.2 Categorias de declividade

O mapa de declividade e as categorias de elevação bem como os valores de declividade encontrados estão apresentados na Figura 11 e na Tabela 4, respectivamente. Os resultados demonstram que em 82,2% da área pesquisada foram encontrados níveis de declividade considerados entre muito fraco a médio, demonstrando, assim, que a área mapeada não possui níveis altos de declividade.

Figura 11 – Mapa de declividade



Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 4 – Percentuais de Declividade

Categoria	Elevação	Declividade	Categoria %
1	< 6 %	Muito fraco	34,4%
2	6 - 12%	Fraco	27,4%
3	12 a 20%	Médio	20,4%
4	20 a 30%	Forte	10,9%
5	> 30%	Muito forte	7,0%

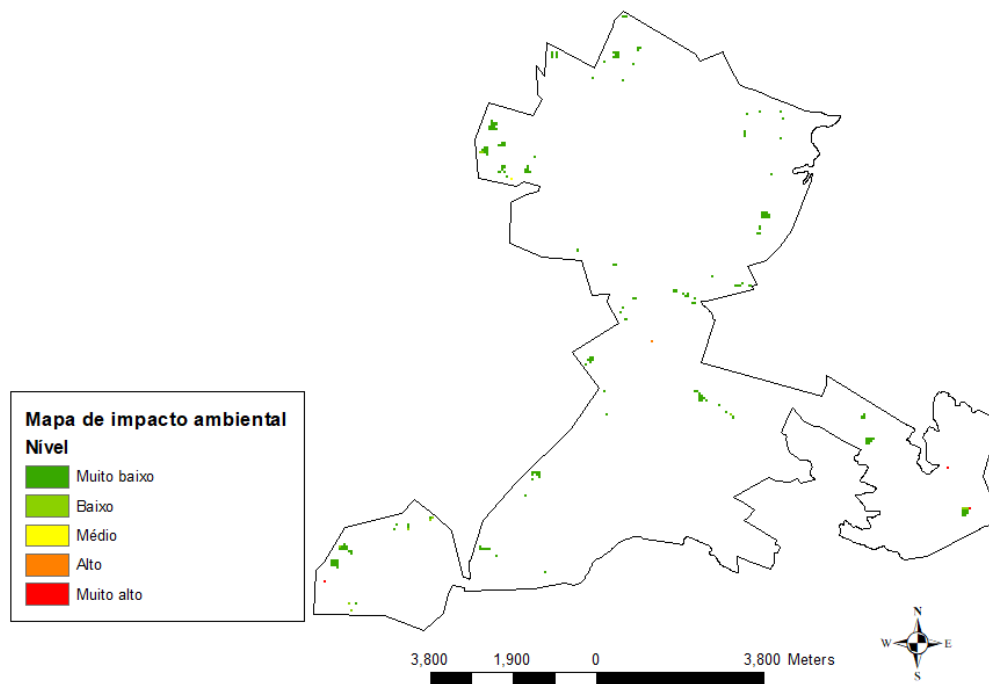
Fonte: Elaborada pelo autor - Adaptada de Ross (2011)

Não foi possível identificar a distribuição geográfica das classes de uso e cobertura da terra de acordo com a declividade. Sugere-se a realização de novos estudos em que se julgue necessário tais resultados.

5.3 Impacto Ambiental

O mapa de impacto ambiental está apresentado na Figura 12 e as informações demonstradas na Tabela 5. Os resultados da álgebra de mapas estimaram que 92,45% das classes de uso se encontram em um nível considerado muito baixo de impacto ambiental o que indica que a variável declividade não influencia no uso e ocupação da terra do parque. Observando o mapa de impacto ambiental é possível identificar que algumas classes de uso e cobertura da terra com declividade consideradas Alto e Muito alto estão distribuídas nas bordas da área do PARNASI.

Figura 12 – Mapa de impacto ambiental



Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 5 – Classificação dos níveis de impacto ambiental no PARNASI

Valor	Nível	Nível %
0.01 – 0.20	Muito baixo	92,45%
0.21 – 0.40	Baixo	0,28%
0.41 – 0.60	Médio	0,03%
0.61 – 0.80	Alto	6,3%
0.81 – 1.00	Muito alto	0,94%

Fonte: Elaborada pelo autor

6. CONCLUSÕES

O drone utilizado permitiu a coleta dos dados georreferenciados (imagens) de uma extensa área (1.274 hectares), declivosa e de difícil acesso, em um relativo curto espaço de tempo (314 dias) e o mapeamento do uso e cobertura da terra no PARNASI. Embora se trate de um RPA de classe 2 – destinada ao entretenimento, a tecnologia embarcada nos sensores, atuadores e sistemas inteligentes de voo do drone, associados aos sistemas de planejamento e execução de missões destinadas à fotogrametria aérea, bem como, os SIGs utilizados, atenderam satisfatoriamente as propostas da pesquisa.

A análise de dados permitiu concluir que todas as classes de uso e cobertura da terra, selecionadas a partir do plano de manejo da UC e de estudos realizados anteriormente, por meio de observação direta, continuam presentes no PARNASI. A metodologia proposta forneceu informações que permitiram mapear a distribuição espacial do uso e cobertura da terra e medir suas proporções, bem como estimar o nível de impacto ambiental por classe, correlacionando-as à declividade do terreno. No entanto, embora trata-se de uma área declivosa, os resultados demonstraram que a variável declividade não é fator preponderante no uso e cobertura da terra na área do PARNASI. O mapeamento da distribuição espacial do uso e cobertura da terra demonstrou que a atenção para o planejamento da zona de amortecimento deve estar voltada para as áreas do entorno do parque.

Nesse contexto, os resultados produziram informações que compõem um cenário importante, uma vez que possibilita vislumbrar a distribuição espacial do uso e cobertura da terra no PARNASI, e os indicadores servem como insumo para a gestão ao definir um plano de prioridade de suas ações.

Assim, a utilização de um pequeno drone em conjunto com Tecnologias da Informação, demonstrou ser uma metodologia eficiente e barata na obtenção de informações que permitem apoiar a tomada de decisão dos gestores de áreas protegidas, na medida em que definam prioridades nas ações de monitoramento, fiscalização e recuperação das áreas impactadas, baseadas em informações precisas, rápidas, repetíveis e atualizadas a um custo acessível.

REFERÊNCIAS

- ABREU, L. A.; ARAÚJO, F. T. DE V.; NUNES, A. B. DE A. Modelo multicritério de decisão para análise da vulnerabilidade à desertificação no semiárido brasileiro. **Revista DAE**, v. 67, n. 216, p. 78–94, 2019.
- ANTIKAINEN, H; COLPAERT, A; JAAKO, N; RUSANEN, J; BENDAS, D; MYLLYAHU, M; KUVAJA, P; SIMILÄ, J; MARJONIEMI, K; LAINE, K; SAARI, E; Mobile environmental information systems. **Cybernetics and Systems**, Vol. 35, ISS. 7-8, 2004.
- AYRES, M; AYRES, M.J.R; AYRES, D.L; dos Santos, A.A.S. *BioEstat 5.0: aplicações estatísticas in subsistence hunting in a Brazilian Amazonian village*. In: **Neotropical Wildlife Use and Conservation** (J.G. Robinson; K.H.Redford eds.). The University of Chicago Press, London, UK. p. 82-92. 1991.
- BACANI, V. M.; LUCHIARI, A. *Geoprocessamento aplicado ao zoneamento ambiental da bacia do alto rio Coxim-MS*. GEOUSP – **Espaço e Tempo (Online)**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 184-197, 2014.
- BARBETTA, P. A. **Estatística aplicada às ciências sociais**. Santa Catarina: UFSC, v. I, 2002.
- BARTON, K. MuMIn: Multi-model inference. *R package version 0.12.2/r18*. Disponível em: < <http://r-forge.r-project.org/projects/mumin/>>. Acesso em: 10 fev 2018.
- BARVE, N, KIRAN, M. C, VANARAJ, G, ARAVIND, N. A, RAO, D, SHAANKER, R.U, GANESHAIAH, K. N. and POULSEN, J. G. Measuring and mapping threats to a wildlife sanctuary in Southern India. **Conservation Biology**, v. 19, n. 1, p. 122–130, 2005.
- BOOTH, G.D.; NICCOLUCCI, M.J.; SCHUSTER, E.G. *Identifying proxy sets in multiple linear regression: an aid to better coefficient interpretation*. Research paper INT-470. **United States Department of Agriculture**, Forest Service, Ogden, USA. 1994.
- BRASIL. ANAC – Agência nacional de Aviação Civil. **Instrução Suplementar nº 21/002A**. Visa orientar a emissão de Certificado de Autorização de Voo Experimental com base no Regulamento Brasileiro da Aviação Civil nº 21 – RBAC 21 para Veículos Aéreos Não Tripulados – VANT de 04 de outubro de 2012 Disponível em: <http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-21-002a/@@displayfile/arquivo_norma/IS%2021-002A.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2018.
- BRASIL. ANAC – Agência nacional de Aviação Civil. **REGULAMENTO BRASILEIRO DA AVIAÇÃO CIVIL ESPECIAL-RBAC-Enº94. REQUISITOS GERAIS PARA AERONAVES NÃO TRIPULADAS DE USO CIVIL**. Aprovado pela Resolução nº 419, de 2 de maio de 2017. Disponível em: http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbace94emd00/@@displayfile/arquivo_norma/RBACE94EMD00.pdf. Acesso em: 04 de fev. 2018-b.
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC. Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 8 dez. 1999. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9985.htm>. Acesso em: 09 dez. 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. CONAMA. Resolução nº001, de 17 de fevereiro de 1986, Seção 1, páginas 2548-2549.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC: Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000; Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002; Decreto nº 5.746, de 5 de abril de 2006. PNAP - Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas: Decreto nº 5.758, de 13 de abril de 2006. Brasília: MMA, 76p, 2011.

BRENDAN, A.; WINTLE, J. E; POTTS, J. M. Fauna habitat modelling and mapping: a review and case study in the Lower Hunter Central Coast region of NSW. **Austral Ecology**, v. 30, n. 7, p. 719–738, 2005.

BROOKS, H. The relationship between science and technology. **Research Policy**, v. 23, n. 5, p. 477–486, 1994.

BURNHAM, K.P.; ANDERSON, D.R. *Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach*. Springer-Verlag, New York, USA. 2002.

COLOMINA, I.; MOLINA, P. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 92, p. 79–97, jun. 2014.

COSTA, C. C. Parque Nacional Serra de Itabaiana-SE: realidade e gestão. **Revista Monografias Ambientais - REMOA**, v.13, p.3933-3951, n.5, dez. 2014.

CRÓSTA, A. P.; ALMEIDA, T. I. R. DE.; PARADELLA, W. R.; DA SILVA, S. M. P.; P. R. M. Sensoriamento remoto em exploração mineral no Brasil. **Recursos Minerais no Brasil: problemas e desafios.**, n. November 2016, p. 420, 2016.

DANTAS, T. V. P.; RIBEIRO, A. S. Caracterização da vegetação do Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe – Brasil. **Biotemas**, v. 23, n. 4, p. 9-18, 2010.

DJI. Manual do Mavic Pro. **dl.djicdn.com**, 2017. Disponível em: https://dl.djicdn.com/downloads/mavic/20170630/Mavic+Pro+User+Manual+V1.6_PT.pdf. Acesso em: 29 Abril 2017.

DRONEDEPLOY. **Planejamento de Voos em Desktop**. **dronedeploy.com**, 2018. Disponível em: <https://www.dronedeploy.com/resources/ebooks/ultimate-guide-setting-up-drone-operation>. Acesso em 23 Junho 2018.

ESRI. Manage Data. **esri.com/en-us/home**, 2019. Disponível em: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm>. Acesso em: 14 Agosto 2019.

FERREIRA, D. J. S.; SOUZA, I. A.; ECKERT, N. O. S.; COELHO, A. S. Caracterização das unidades de conservação de proteção integral do estado de Sergipe. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.6, n.2, 2015.

GONÇALVES, J. et al., Evaluating an unmanned aerial vehicle-based approach for assessing habitat extent and condition in fine-scale early successional mountain mosaics. **Applied Vegetation Science**, v. 19, n. 1, p. 132–146, 2016.

GOOGLE. Keyhole Markup Language. **developers.google.com**, 2014. Disponível em: <https://developers.google.com/kml/documentation/kml_tut?hl=pt-br>. Acesso em: 29 Outubro 2018.

GUAPYASSÚ, S. M. **Análise da efetividade das ações de manejo e da proteção da biodiversidade em seis parques do estado do Paraná, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação), Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2006.

IBAMA. Roteiro metodológico de planejamento: Parque Nacional, Reserva Biológica e Estação Ecológica. p. 136, 2002.

ICMBio - **Plano de Manejo do Parque Nacional Serra de Itabaiana**. Brasília, MMA, p.182, 2016.

JÚNIOR, F.W.F. DRONE STRIKE – A Ameaça das Aeronaves Tripuladas Remotamente à Segurança Aeronáutica e Possíveis Medidas de Mitigação The Threat of Remotely Manned Aircraft to Aeronautical Safety and Possible Mitigation Measures. **Revista Conexão Sipaer**, v. 8, p. 26–32, 2017.

KOH, L. P.; WICH, S. A. Dawn of drone ecology: low-cost autonomous aerial vehicles for conservation. **Tropical Conservation Science**, v. 5, n. 2, p. 121–132, 2012.

KRAUS K., 2007: **Photogrammetry: Geometry from Images and Laser Scans**. Second Edition. Walter de Gruyter, Berlim, New York. 2004. *E-book*. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=lang_en|lang_pt&id=tTf8MUhY29IC&oi=fnd&pg=PR5&dq=KRAUS+K.,+2007:+Photogrammetry:+Geometry+from+Images+and+Laser+Scans.&ots=wyCaNDldmo&sig=55lBv6OK9SGKWjC5srcqt_ySajo#v=onepage&q=KRAUS%20K.%2C%202007%3A%20Photogrammetry%3A%20Geometry%20from%20Images%20and%20Laser%20Scans.&f=false. Acesso em: 27 jan. 2019.

LIMA, J. D. DE; JUCÁ, J. F. T.; REICHERT, G. A.; FIRMO, A. L. B. Uso de modelos de apoio à decisão para análise de alternativas tecnológicas de tratamento de resíduos sólidos urbanos na Região Sul do Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 33–42, mar. 2014.

LINCHANT, J.; LISEIN, J.; SEMEKI, J.; LEJEUNE, P.; VERMEULEN, C. Are unmanned aircraft systems (UASs) the future of wildlife monitoring? A review of accomplishments and challenges. **Mammal Review**, v. 45, n. 4, p. 239–252, 2015.

MANFREDA, S.; MCCABE, M.F.; MILLER, P.E.; LUCAS, R.; PAJUELO MADRIGAL, V.; MALLINIS, G.; BEN DOR, E.; HELMAN, D.; ESTES, L.; CIRAOLO, G.; MÜLLEROVÁ, J.; TAURO, F.; DE LIMA, M.I.; DE LIMA, J.L.M.P.; MALTESE, A.;

FRANCES, F.; CAYLOR, K.; KOHV, M.; PERKS, M., B. **On the Use of Unmanned Aerial Systems for Environmental Monitoring**, v. 10, p. 641, 2018.

MCTIC. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação**. Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Econômico e Social 2016-2022. 2016, 136p.

MEDEIROS, R. Áreas Protegidas no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, v. IX, n. 1, p. 42–64, 2005.

MELVILLE, N. P. Information systems innovation for environmental sustainability. **MIS Quarterly**, v. 34, n. 1, p. 1–21, 2010.

MULERO-PÁZMÁNY, M.; BARASONA, J. A.; ACEVEDO, P.; VICENTE, J.; NEGRO, J. J. Unmanned Aircraft Systems complement biologging in spatial ecology studies. **Ecology and Evolution**, v. 5, n. 21, p. 4808–4818, 2015.

NELDER, J.A.; WEDDERBURN, R.W. **Generalized linear model**. **Journal of the Royal Statistical Society**, A135: 370-384. 1972.

OLIVEIRA FILHO, G. R. DE. A brief reflection on the concept of environmental impact. **CES Journal**, v. 27, n. 1, p. 15–28, 2013.

OLIVEIRA, I. S. S. Planejamento de trilhas para o Uso Público no Parque Nacional Serra de Itabaiana, SE. **Turismo - Visão e Ação**, p. 242–262, 2009.

OLIVEIRA, I.S.S. Estudo dos impactos ambientais como subsídio para o planejamento das trilhas do Parque Nacional Serra de Itabaiana, SE. **Boletim Goiana de Geografia - Instituto de Estudos Sócio-Ambientais**. UFG, v. 28, n.1, 2008.

PANEQUE-GÁLVEZ, J.; MCCALL, M. K.; NAPOLETANO, B. M.; WICH, S. A.; KOH, L.P. Small drones for community-based forest monitoring: An assessment of their feasibility and potential in tropical areas. **Forests**, v. 5, n. 6, p. 1481–1507, 2014.

PEIXOTO, L.B.O. Efetividade de gestão em unidade de conservação de proteção integral federal do norte fluminense: **Uma comparação de metodologias empregadas no parque nacional da restinga de Jurubatiba**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Macaé: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, 2013.

PEREIRA, P. F.; SCARDUA, F. P. Espaços territoriais especialmente protegidos: conceito e implicações jurídicas. **Ambiente & Sociedade**, v. 11, n. 1, p. 81–97, 2008.

PEREIRA, S. S.; CURI, R. C. Meio Ambiente, Impacto Ambiental E Desenvolvimento Sustentável: Conceituações Teóricas Sobre O Despertar Da Consciência Ambiental. **REUNIR: Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**, v. 2, n. 4, p. 35, 2012.

PÉREZ-ALBERTI, A.; TRENHAILE, A. S. An initial evaluation of drone-based monitoring of boulder beaches in Galicia, north-western Spain. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 40, n. 1, p. 105–111, 2015.

PIMM, S. L.; ALIBHAI, S.; BERGL, R.; DEHGAN, A.; GIRI, C.; JEWELL, Z.; JOPPA, L.; KAYS, R.; LOARIE, S. Emerging technologies to conserve biodiversity. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 30, n. 11, p. 685–696, 2015.

ROCHA, D. F. **Análise da vulnerabilidade ambiental do município de galinhos, rn, brasil**. [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2019.

ROSS, J. Análise Empírica Da Fragilidade Dos Ambientes Naturais Antropizados. *Revista Do Departamento De Geografia-USP*, v. 8, p. 63-74. 2011.

SABELLA, G.; VIGLIANISI, F. M.; ROTONDI, S.; BROGNA, F. Preliminary observations on the use of drones in the environmental monitoring and in the management of protected areas. The case study of “R.N.O. Vendicari”, Syracuse (Italy). **Biodiversity Journal**, v. 8, n. 1, p. 79– 86, 2017.

SANTOS, B. S., JUNIOR, M. C., & NUNES, M. S. Approaches for Generating Empathy: A Systematic Mapping. **Information Technology – New Generations, Advances in Intelligent Systems and Computing**, p. 558, 2018.

SANTOS, J. S.; MARINI, M. J.; TEIXEIRA, E. S. Concepções de Ciência, Tecnologia, Inovação e Desenvolvimento no PROEM da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. In: JORNADAS LATINOAMERICANAS DE ESTUDOS SOCIAIS DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA, 21, 2016, Curitiba **Anais...** Curitiba: Associação Latino-americana de Estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia, 2016. p. 1-12.

SARTORI, R. **Governança na promoção de agentes do sistema regional de CT&I**. Tese (Engenharia e Gestão do Conhecimento) – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Florianópolis, 2011.

SCHUETTE, P.; NAMUKONDE, N.; BECKER, M. S.; WATSON, F. G. R.; CREEL, S.; CHIFUNTE, C.; MATANDIKO, W.; MILLHOUSER, P.; ROSENBLATT, E.; SANGUINETTI, C. Boots on the ground: in defense of low-tech, inexpensive, and robust survey methods for Africa’s under-funded protected areas. **Biodiversity and Conservation**, v. 27, n. 9, p. 2173–2191, 2018.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Unidades de conservação. Aracaju: SEMARH. Disponível em: <http://www.semarh.se.gov.br/biodiversidade/modules/tinyd0/index.php?id=11>. Acesso em 18 junho 2016.

SILVA, L. F. da; BACANI, V. M. Análise da Fragilidade Ambiental e das Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica do Córrego Fundo, Município de Aquidauana-MS/Analysis of Environmental Fragility and Permanent Preservation Areas of Watershed Stream Fundo, County of Aquidauana. **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 49, p. 264, 2017.

SILVA, VANESSA C. B.; MACHADO, PATRÍCIA DE S. Sig Na Análise Ambiental: Susceptibilidade Erosiva Da Bacia Hidrográfica Do Córrego Mutuca, Nova Lima – Minas Gerais. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 31, n. 2, p. 66–87, 2014.

SILVEIRA, T.C; OKA-FIORI, C; SANTOS, C.J.L; SIRTOLI, E.A; SILVA, R. C. Pedometria Apoiada em Atributos Topográficos com Operações de Tabulação Cruzada por Álgebra de Mapas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n 2, p.125-137, 2012.

SINGH, K. K.; FRAZIER, A. E. A meta-analysis and review of unmanned aircraft system (UAS) imagery for terrestrial applications. **International Journal of Remote Sensing**, v. 39, n. 15–16, p. 5078–5098, 2018.

SOBRAL, I. S.; GOMES, L. J.; SANTOS, J. Proposta de monitoramento dos impactos do ecoturismo no Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe. **Revista Nordestina de Ecoturismo**, Aracaju, v.2, n.1, p.6-24, 2009.

TAHAR, KHAIRUL N. A New Approach on Slope Data Acquisition Using Unmanned Aerial Vehicle. In: IJRRAS, Malaysia, v. 13, 2012.

TANG, L.; SHAO, G.; FOREST, R. P. A. Á. Drone remote sensing for forestry research and practices. **Journal of Forestry Research**, v. 26, n. 4, p. 791–797, 2015.

TELES, H.F. **Bioindicadores e parâmetros abióticos dos recursos hídricos da serra de Itabaiana-Sergipe**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, 2012.

UNGER, J.; REICH, M.; HEIPKE, C. **UAV-based photogrammetry: Monitoring of a building zone** (M. F. Remondino F., Ed.) International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives. **Anais...International Society for Photogrammetry and Remote Sensing**, 2014Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84924264815&doi=10.5194%2Fisprsarchives-XL-5-601-2014&partnerID=40&md5=65171306463cc6ab30b5463f44f88bc8>>

VAN GEMERT, J.C.; VERSCHOOR C.R.; METTES P.; EPEMA K.; KOH L.P.; WICH S. Nature Conservation Drones for Automatic Localization and Counting of Animals. In: Agapito L., Bronstein M., Rother C. (eds) Computer Vision - ECCV 2014 Workshops. ECCV 2014. **Lecture Notes in Computer Science**, vol 8925. Springer, Cham, 2015.

VICENTE, A. **Levantamento florístico de um fragmento florestal na Serra de Itabaiana – Sergipe**. 113f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1999.

VILLELA, T. N.; MAGACHO, L. A. M. Abordagem histórica do Sistema Nacional de Inovação e o papel das Incubadoras de Empresas na interação entre agentes deste sistema. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PARQUES TECNOLÓGICOS E INCUBADORAS DE EMPRESAS, **Anais eletrônicos...** Florianópolis, 2009, XIX, p.19.Disponível em: <http://www.genesis.puc-rio.br/media/biblioteca/Abordagem_historica.pdf>. Acessado em: 02 dez 2017.

WALDEN-SCHREINER, C.; LEUNG, Y. F.; TATEOSIAN, L. Digital footprints: Incorporating crowdsourced geographic information for protected area management. **Applied Geography**, v. 90, n. May 2017, p. 44–54, 2018.

WEBER, S.; KNAUS, F. Using drones as a monitoring tool to detect evidence of winter sports activities in a protected mountain area. **eco.mont (Journal on Protected Mountain Areas Research)**, v. 9, n. 1, p. 30–34, 2017.

WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, A. DE S. Análise da precipitação e sua influência na ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe, Brasil. **Revista Ambiente e Agua**, v. 9, n. 3, p. 445–458, 2011.

YEH, M. L.; CHOU, Y. T.; YANG, L. S. **The evaluation of GPS techniques for UAV-based Photogrammetry in Urban Area**. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives. **Anais...**International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2016. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2s2.084987849653&doi=10.5194%2FisprsarchivesXLIB110792016&partnerID=40&md5=69797e76605d600ae00c95d6f5645e>>

ZAHAWI, R. A.; DANDOIS, J. P.; HOLL, K. D.; NADWODNY, D.; REID, J. L.; ELLIS, E. C. Using lightweight unmanned aerial vehicles to monitor tropical forest recovery. **Biological Conservation**, v. 186, p. 287–295, 2015.

ANEXO A - AUTORIZAÇÃO PARA ATIVIDADES COM FINALIDADE CIENTÍFICA (SISBIO)



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 63062-1	Data da Emissão: 21/05/2018 15:44	Data para Revalidação*: 20/06/2019
* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Jônatas Lemos Rodrigues	CPF: 386.871.195-34
Título do Projeto: MONITORAMENTO E FISCALIZAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS UTILIZANDO DRONE E CROWDSOURCE NO PARQUE NACIONAL SERRA DE ITABAIANA-SE, BRASIL.	
Nome da Instituição: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE	CNPJ: 13.031.547/0001-04

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Voos para coleta de imagens	04/2018	12/2018

Observações e ressalvas

1	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.
2	Esta autorização NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
3	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa ICMBio nº 03/2014 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
4	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.
5	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio, nos termos da legislação brasileira em vigor.
6	Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em www.mma.gov.br/cgen .
7	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infra-estrutura da unidade.

Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Município	UF	Descrição do local	Tipo
1		SE	PARQUE NACIONAL SERRA DE ITABAIANA	UC Federal

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 65159749



Página 1/3



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 63062-1	Data da Emissão: 21/05/2018 15:44	Data para Revalidação*: 20/06/2019
* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Jônatas Lemos Rodrigues	CPF: 386.871.195-34
Título do Projeto: MONITORAMENTO E FISCALIZAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS UTILIZANDO DRONE E CROWDSOURCE NO PARQUE NACIONAL SERRA DE ITABAIANA-SE, BRASIL.	
Nome da Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE	CNPJ: 13.031.547/0001-04

Registro de coleta imprevista de material biológico

De acordo com a Instrução Normativa nº 03/2014, a coleta imprevista de material biológico ou de substrato não contemplado na autorização ou na licença permanente deverá ser anotada na mesma, em campo específico, por ocasião da coleta, devendo esta coleta imprevista ser comunicada por meio do relatório de atividades. O transporte do material biológico ou do substrato deverá ser acompanhado da autorização ou da licença permanente com a devida anotação. O material biológico coletado de forma imprevista, deverá ser destinado à instituição científica e, depositado, preferencialmente, em coleção biológica científica registrada no Cadastro Nacional de Coleções Biológicas (CCBIO).

Táxon*	Qtde.	Tipo de amostra	Qtde.	Data

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 65159749



Página 2/3



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 63062-1	Data da Emissão: 21/05/2018 15:44	Data para Revalidação*: 20/06/2019
* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Jônatas Lemos Rodrigues	CPF: 386.871.195-34
Título do Projeto: MONITORAMENTO E FISCALIZAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS UTILIZANDO DRONE E CROWDSOURCE NO PARQUE NACIONAL SERRA DE ITABAIANA-SE, BRASIL.	
Nome da Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE	CNPJ: 13.031.547/0001-04

* Identificar o espécime no nível taxonômico possível.

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 65159749



Página 3/3